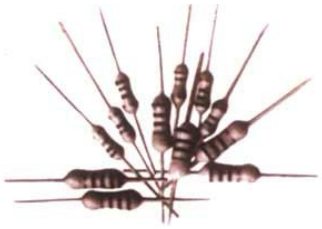
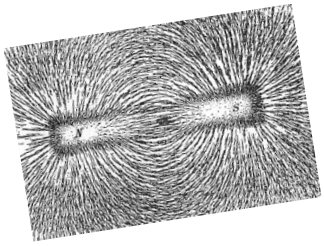
CollègeAhuntsic
Département de physique

physique

Électricité et magnétisme
203-SN2-RE

Guide de laboratoire





Mis à jour : été 2025
Jean-Frédéric Brunet

Table des matières

1. Multimètre 1
2. Loi d'Ohm 13
3. Lois de Kirchhoff 21
4. Charge et Décharge du condensateur 23
5. Magnétisme 31
6. Balance de courant.....35

Annexe 1. Spécifications des multimètres..... A-1
Annexe 2. Mode d'utilisation du bloc d'alimentation Instek A-5
Annexe 3. Quelques infos sur l'utilisation d'Excel A-7

203-SN2-RE Labo #1 : Multimètre

1 – Buts

1. Se familiariser avec le fonctionnement d'un multimètre.
2. Se familiariser avec le code des couleurs pour les résistances.
3. Vérifier les lois d'association des résistances en série et en parallèle et la relation $\mathcal{R} = \frac{\Delta \mathcal{V}}{I}$ pour différents éléments d'un circuit.
4. Découvrir les lois d'association des condensateurs en série et en parallèle.

2 – Appareils et matériel

- Bac de composantes électriques
- 1 pile de 1,5 V

3 – Théorie

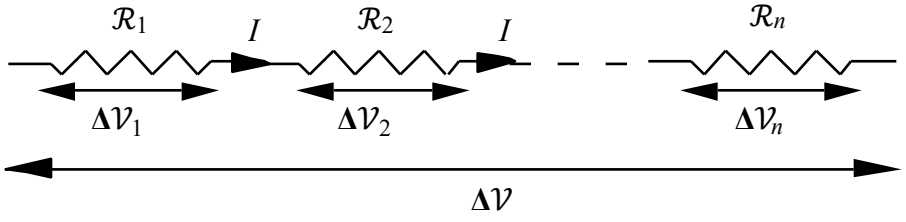
La valeur d'une résistance $\mathcal{R}$ est définie par la relation

$$\mathcal{R} \equiv \frac{\Delta \mathcal{V}}{I}$$

où $\Delta \mathcal{V}$ représente la différence de potentiel (d.d.p.) entre les extrémités (ou bornes) de la résistance et I, le courant qui traverse la résistance.

Deux (ou plusieurs) composantes de circuit électrique (comme des résistances ou des condensateurs) peuvent être associées de plusieurs façons : en **série**, en **parallèle** ou de **façon quelconque**. Si l'association est quelconque, on ne peut pas simplifier le circuit. En revanche, dans les deux autres cas, on peut remplacer les résistances par une seule résistance équivalente (ou les condensateurs par une seule capacité équivalente).

A. Association de résistances en série



Dans l'association en série, les résistances sont connectées de telle manière que **le même courant** I circule à travers toutes les résistances. La chute de potentiel à travers chacune est, d'après la définition de la résistance :

$$\Delta \mathcal{V}_1 = \mathcal{R}_1 I, \quad \Delta \mathcal{V}_2 = \mathcal{R}_2 I, \quad ..., \quad \Delta \mathcal{V}_n = \mathcal{R}_n I$$

La différence de potentiel totale aux bornes de l'ensemble des résistances est :

$$\Delta\mathcal{V} = \Delta\mathcal{V}_1 + \Delta\mathcal{V}_2 + ... + \Delta\mathcal{V}_n = (\mathcal{R}_1 + \mathcal{R}_2 + ... + \mathcal{R}_n)I$$

Ce système peut être effectivement assimilé à une seule résistance satisfaisant à la relation :

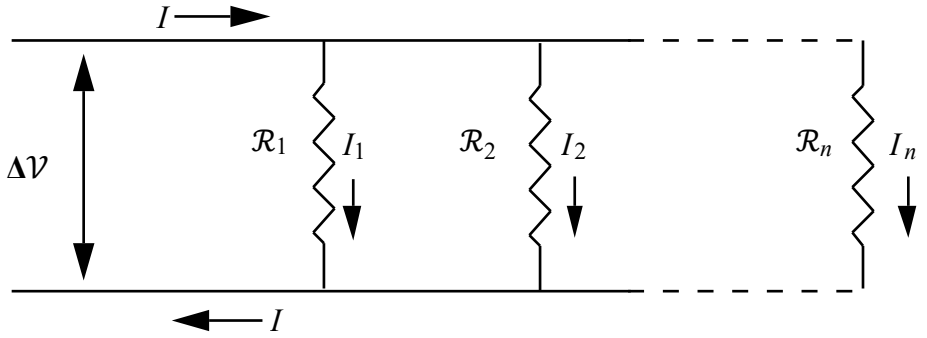
$$\Delta\mathcal{V} = \mathcal{R}I$$

si on choisit comme valeur de $\mathcal{R}$ la valeur suivante :

$$\boxed{\mathcal{R}_{eq} = \mathcal{R}_1 + \mathcal{R}_2 + ... + \mathcal{R}_n}$$

Cette relation donne la **résistance équivalente résultant d'une association en série** de *n* résistances.

B. Association de résistances en parallèle



Dans l'association en parallèle, les résistances sont connectées de telle sorte que **la différence de potentiel $\Delta\mathcal{V}$ soit la même** aux bornes de chacune d'elles. Le courant à travers chaque résistance vaut, d'après la définition de $\mathcal{R}$:

$$I_1 = \Delta\mathcal{V}/\mathcal{R}_1, \quad I_2 = \Delta\mathcal{V}/\mathcal{R}_2, \quad ..., \quad I_n = \Delta\mathcal{V}/\mathcal{R}_n$$

Le courant total *I* traversant le système est:

$$I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n = \frac{\Delta\mathcal{V}}{\mathcal{R}_1} + \frac{\Delta\mathcal{V}}{\mathcal{R}_2} + \cdots + \frac{\Delta\mathcal{V}}{\mathcal{R}_n} = \left(\frac{1}{\mathcal{R}_1} + \frac{1}{\mathcal{R}_2} + \cdots + \frac{1}{\mathcal{R}_n}\right)\Delta\mathcal{V}$$

Le système peut être effectivement assimilé à une résistance unique $\mathcal{R}$ satisfaisant

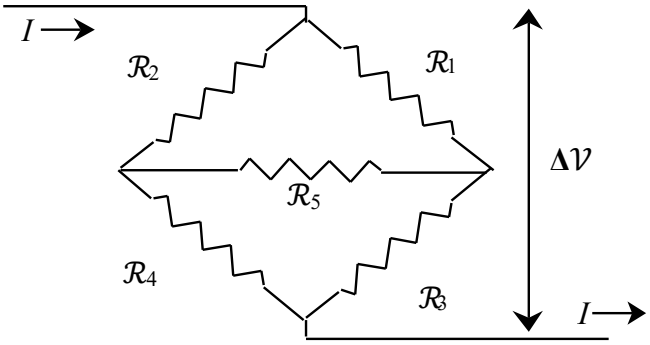
$$I = \Delta\mathcal{V}/\mathcal{R}$$

si on choisit comme valeur de $\mathcal{R}$ la valeur donnée par la relation suivante :

$$\boxed{\frac{1}{\mathcal{R}_{eq}} = \frac{1}{\mathcal{R}_1} + \frac{1}{\mathcal{R}_2} + \cdots + \frac{1}{\mathcal{R}_n}}$$

Cette relation permet d'obtenir la **résistance équivalente résultant d'une association en parallèle** de *n* résistances.

C. Exemple d'association quelconque de résistances



Dans ce type d'association, il n'est pas possible de remplacer à l'aide des lois d'association le circuit par une résistance équivalente.

4 – Directives importantes pour l'utilisation d'un multimètre

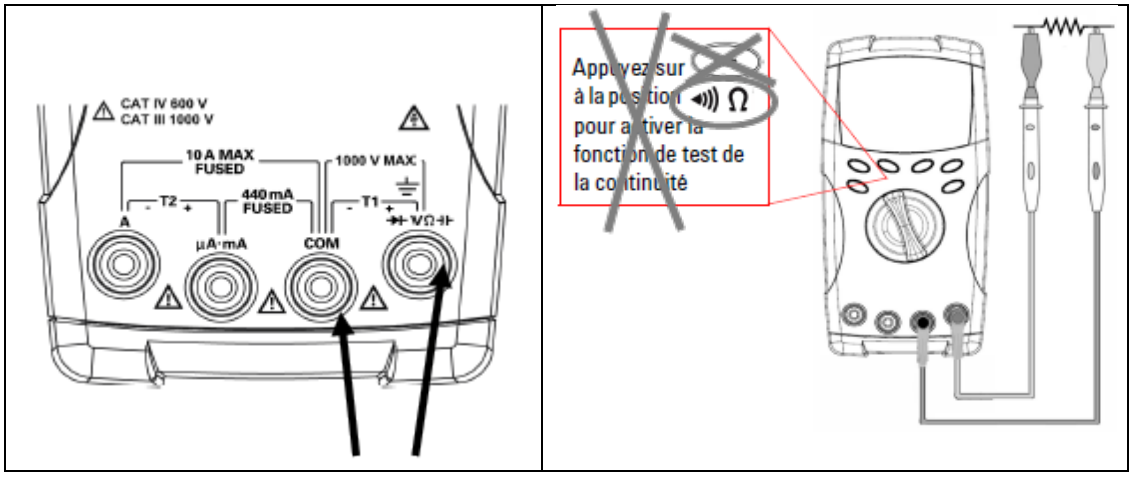
Vous vous servirez bientôt d'un multimètre : il sera alors très important de tenir compte des directives suivantes.

Lorsque le multimètre est utilisé comme :

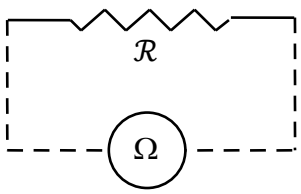
A. Ohmmètre (ou Faradmètre)

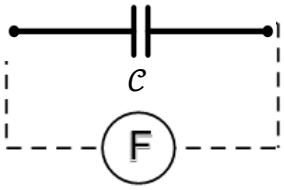
On met le sélecteur de fonction à « Ω » pour l'ohmmètre ou à « ⊣⊢ » pour le faradmètre. On connecte un fil à la borne « COM » (borne négative) et un autre fil à la borne « ⋈VΩ⊣⊢ ». Le circuit, résistif ($\mathcal{R}$) ou capacitif ($\mathcal{C}$), **ne doit jamais être alimenté** sinon l'appareil sera endommagé. Autrement dit, la composante doit être retirée du circuit.

Très concrètement, pour une résistance, vous devez faire les branchements suivants :



On représente tout ça par les schémas suivants :



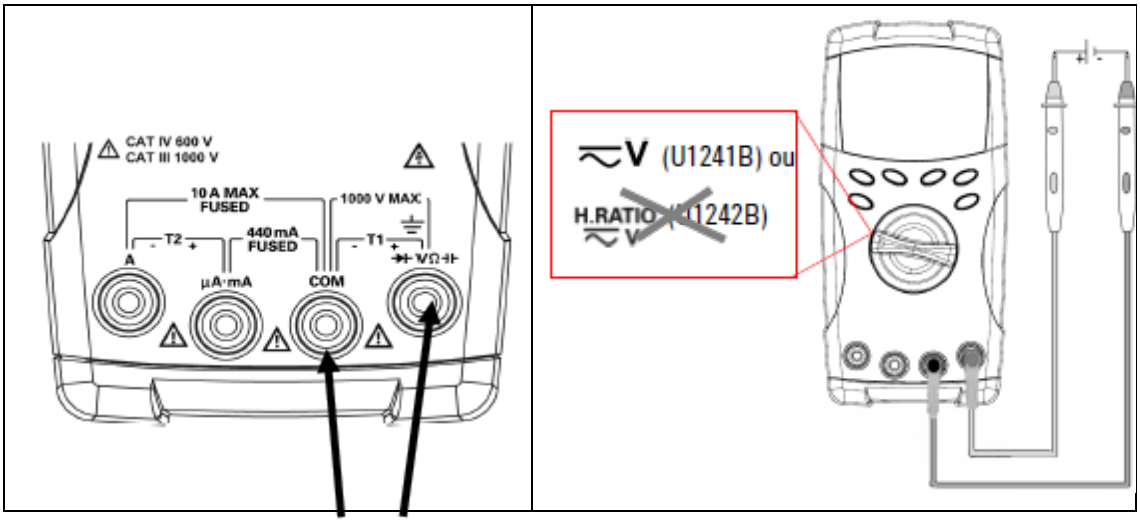


B. Voltmètre

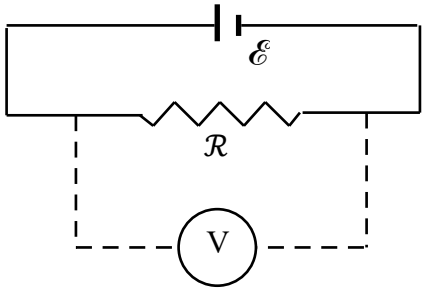
On met le sélecteur de fonction à « $\overline{\text{V}}$ ». On connecte un fil à la borne « COM » et un autre fil à la borne « ⋈VΩ⊣⊢ ». L'appareil doit être toujours branché en parallèle avec la résistance ($\mathcal{R}$) ou la partie du circuit qui nous intéresse. **On ne doit pas débrancher ou modifier le circuit initial.**

Si l'affichage fournit un signe « + » (ou aucun signe) quand on mesure une d.d.p. continue, c'est que la borne « V » se trouve au potentiel le plus haut ; autrement, avec un signe « − », c'est le contraire.

Très concrètement, vous devez faire les branchements suivants :



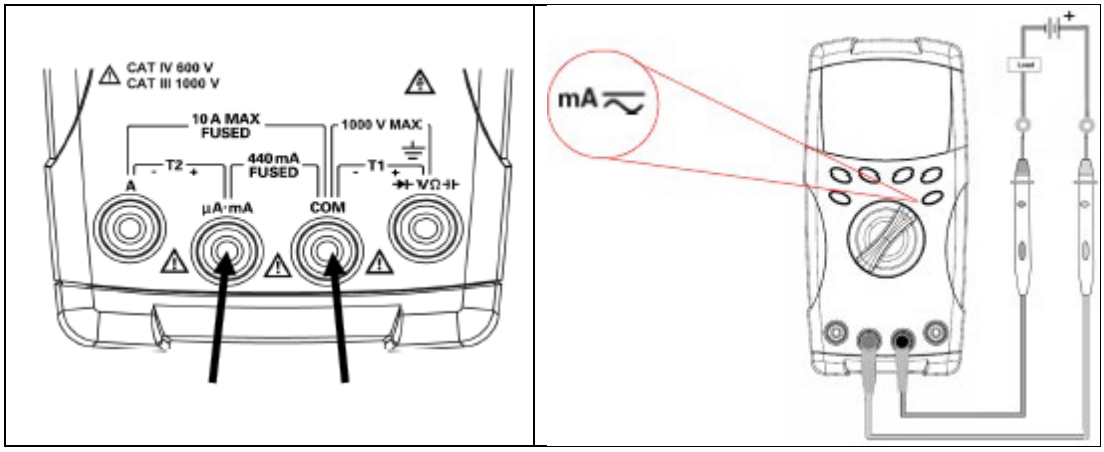
On représente tout ça par le schéma suivant :



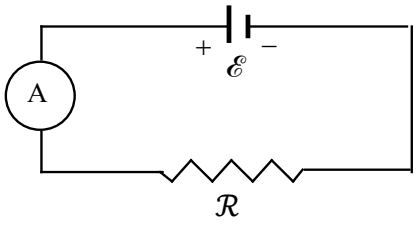
C. Ampèremètre

On met le sélecteur de fonction à « mA ». On connecte un fil à la borne « COM » et un autre fil à la borne « mA ». Le courant à mesurer doit passer dans le multimètre : celui-ci doit donc être branché **en série (*jamais en parallèle*)** avec l'élément de circuit pour lequel on veut mesurer le courant. **Il faut donc déconnecter un fil dans le circuit** pour y introduire le multimètre.

Si l'affichage fournit un signe « + » (ou aucun signe) quand on mesure un courant continu, c'est que le courant pénètre par la borne « mA » du multimètre avant d'en ressortir par la borne « COM ». Autrement, avec un signe « − », le sens est inversé.



On représente tout ça par le schéma suivant :



Dernière remarque super importante :

Si on veut mesurer une différence de potentiel ou un courant dans un circuit, on monte d'abord le circuit ***sans*** appareil de mesure et ***ensuite*** on insère l'appareil de mesure dans le circuit au bon endroit et de la bonne façon ***en réfléchissant avant de poser son geste***.

CES DIRECTIVES SONT-ELLES CLAIRES UNE FOIS POUR TOUTES ?
EN CAS DE DOUTES, CONSULTEZ IMMEDIATEMENT VOTRE ENSEIGNANT OU UN TECHNICIEN !!!!

5 – Évaluation des incertitudes sur les mesures prises avec un multimètre

L'incertitude sur une mesure prise avec un multimètre est déterminée d'après les spécifications du manufacturier (**fournies en annexe**). Cette incertitude dépend aussi de l'échelle utilisée. Pour bien la déterminer, suivez religieusement les conseils suivants :

1. Notez toujours la valeur affichée ***telle quelle*** sans ajouter, ni enlever aucun chiffre, même si un chiffre est 0.
2. Pour évaluer l'incertitude (lors de la rédaction du rapport), référez-vous aux caractéristiques de l'appareil (en annexe) et identifiez, parmi toutes les formules de précision données par le manufacturier, celle qui s'applique à votre mesure.

Par exemple, si on prend une mesure du potentiel avec un multimètre *Agilent U1241B* sur la gamme 0 – 10,000 V DC, le manufacturier nous donne la formule : 0,09%L + 2u.

Par exemple, si la lecture est 4,550 V :

> Cette valeur, *exactement telle qu'affichée* est le « L » de la formule de précision. Elle est affichée avec une résolution au millième (le « digit », ou dernier chiffre affiché). Le « u » de la formule est donc 0,001 V.

L'incertitude sera calculée ainsi :

- On calcule 0,09% de la lecture, soit $0{,}09\% \times 4{,}550\ \text{V} =$ 0,004095 V
- On lui ajoute DEUX ″digit″ (unité du dernier chiffre affiché), soit 0,002 V
- Le total est donc 0,006095 V
- Qu'on arrondit à **un seul chiffre significatif**, soit 0,006 V
- La mesure finale s'écrira donc : $(4{,}550 \pm 0{,}006)$ V

En général, on ne garde qu'*un seul chiffre significatif pour l'incertitude absolue* et on arrondit la meilleure estimation à un seul chiffre incertain[1], (*la meilleure estimation, ainsi « ajustée » et l'incertitude auront ainsi la même précision* *absolue*).

C'est cette valeur ajustée qui représente le *véritable résultat expérimental*, le seul que l'on peut vraiment certifier.

[1] Parfois, on peut en garder deux si le deuxième chiffre de l'incertitude est important par rapport au premier (cf Laflamme, p. 15). Ceci arrive surtout quand le premier chiffre de l'incertitude est 1, 2, ou 3. *Pour simplifier*, je **préfère** garder **un seul chiffre** incertain.

6 – Manipulations

6.1 - Code des couleurs et mesure de résistances

A. Le code des couleurs

La valeur d'une résistance est indiquée parfois par le manufacturier au moyen de bandes de couleurs. Chacune de ces couleurs représente un chiffre d'après le code suivant :

CODE		INTERPRÉTATION
noir	0	bande A: premier chiffre significatif
brun	1	bande B: deuxième chiffre significatif
rouge	2	bande C: nombre de zéros à ajouter aux 2 premiers chiffres
orange	3	bande D: indique la tolérance: Or ± 5%, Argent ± 10%;
jaune	4	Lorsque la bande D est inexistante, la tolérance sera ± 20%
vert	5	
bleu	6	
violet	7	
Gris	8	
blanc	9	

Déterminez la valeur des 4 résistances **R1**, **R2**, **R4** et **R7** en utilisant le code des couleurs et calculez l'incertitude absolue de chacune d'elle.

B. Mesures de résistance avec le multimètre

Déterminez maintenant la valeur des **mêmes** 4 résistances en utilisant le multimètre, utilisé comme ohmmètre.

> **Note** : lorsque l'échelle est trop petite, l'écran affiche '*OL*'. Vous pouvez alors augmenter l'échelle, c'est-à-dire la ***gamme*** des mesures possibles, en utilisant le bouton '*range*' jusqu'à ce qu'une valeur soit affichée sur l'écran. Vous devez toujours utiliser la plus petite échelle (la gamme la plus restreinte) possible. Il existe aussi un mode « AUTO », qui choisit la gamme pour vous. L'utilisation de ce mode est acceptable pour ce premier laboratoire. ***N'oubliez pas de toujours identifier la formule nécessaire au calcul de l'incertitude***.

C. Traitement des données

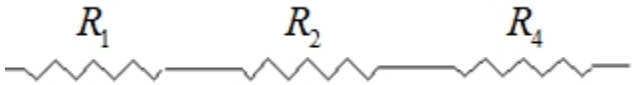
- Groupez vos résultats (valeurs et incertitudes) dans les tableaux fournis :
  Au-dessus du 2e tableau, il faut clairement indiquer les valeurs **telles que lues** sur l'écran du multimètre, puis, dans ce 2e tableau, les valeurs **ajustées à un seul chiffre incertain *à la suite du*** calcul des incertitudes.
- Ajoutez un **exemple de calcul** avec le code des couleurs (incluant l'incertitude) et un autre pour l'incertitude de la mesure de la résistance avec l'ohmmètre.
- **Comparez les deux séries de mesures** à l'aide de diagrammes de comparaisons. Sont-elles compatibles ? (Remplissez la feuille réponse fournie)

6.2 - Lois d'association de résistances et vérification de la relation $\mathcal{R} = \Delta\mathcal{V}/I$

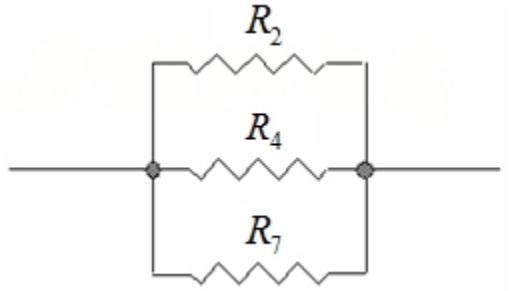
A. Mesures de résistances équivalentes avec le multimètre

Réalisez successivement les montages suivants et mesurez la résistance ($\mathcal{R}_{\text{ohmmètre}}$) aux bornes de chacun d'eux. N'oubliez pas d'identifier la formule nécessaire au calcul de l'incertitude instrumentale.

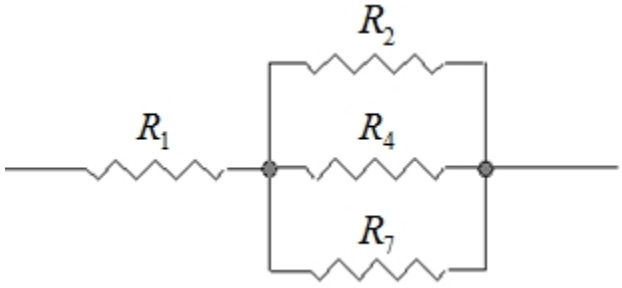
Association $\mathcal{A}$:



Association $\mathcal{B}$:

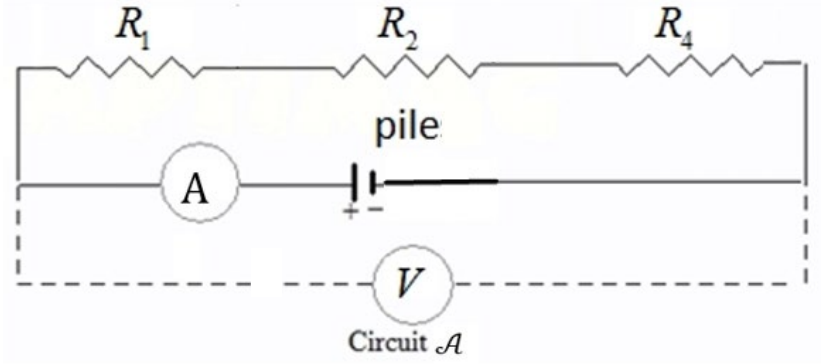


Association $\mathcal{C}$:

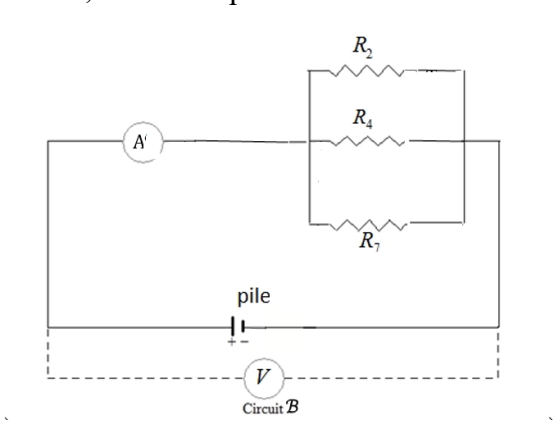


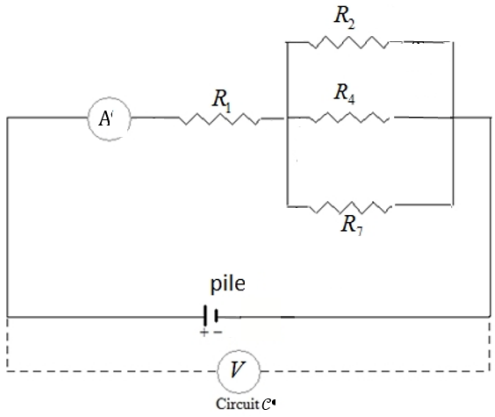
B. Mesures de différences de potentiel et d'intensités du courant avec le multimètre

Vérifiez l'état de votre pile : sa d.d.p. de sortie doit être supérieure à 1,45 V. Vérifiez si c'est le cas avec le voltmètre (*si la d.d.p. est faible, demandez une nouvelle pile au technicien*). Branchez-là ensuite aux bornes du montage $\mathcal{A}$. La pile sert de source au montage, *qui devient ainsi un circuit électrique*. Mesurez maintenant le courant et la différence de potentiel dans ce montage, comme illustré ci-dessous (on fait *une* mesure à la fois).



Procédez ensuite de la même façon pour mesurer les courants qui traversent les montages $\mathcal{B}$ et $\mathcal{C}$, de même que la différence de potentiel entre les bornes de ces montages. Dans tous les cas, n'oubliez pas d'identifier la formule nécessaire au calcul de l'incertitude.





C. Traitement des données

- À l'aide des mesures de résistance de chacune des associations et de celles de la partie 6.1.B, **vérifiez les lois d'association des résistances en série et en parallèle**.
  $\mathcal{R}_{\text{calculée}}$ est la résistance calculée à partir des lois d'association et des valeurs de résistance mesurées en 6.1.B avec l'ohmmètre. **Explicitez les trois calculs, en incluant le calcul des incertitudes**.
- À l'aide des mesures de d.d.p. et de courant, **vérifiez** que **la relation** $\mathcal{R} = \boldsymbol{\Delta \mathcal{V}/I}$ est respectée pour chacune des 3 associations.
  Présentez un exemple de calcul détaillé pour l'association $\mathcal{A}$.
- Pour chaque montage, **comparez les trois séries de données** à l'aide de diagrammes de comparaisons. Sont-elles compatibles ? **Commentez**.

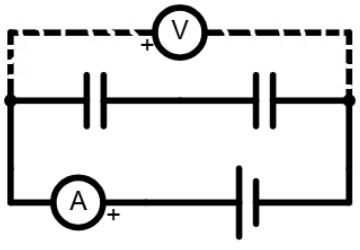
6.3 - Mesures de capacités

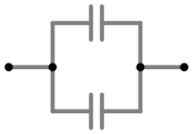
A. Mesures de capacités avec le multimètre

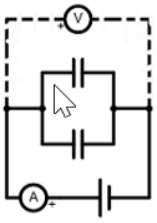
Mesurez, d'abord séparément, la capacité de chacun de vos deux condensateurs **C1**. Ensuite, branchez-les en série l'un avec l'autre (Association $\mathcal{D}$), et enfin branchez-les en parallèle (Association $\mathcal{E}$). Pour chacune de ces associations de condensateurs, mesurez d'abord leur capacité équivalente puis, une fois le montage branché à la pile, les courants qui traversent les associations $\mathcal{D}$ et $\mathcal{E}$, de même que la différence de potentiel entre leurs bornes.

Association $\mathcal{D}$:

Circuit $\mathcal{D}$:



Association $\mathcal{E}$: 

Circuit $\mathcal{E}$: 

B. Traitement des données

- À l'aide des mesures de capacité de chacune des associations et de celles de chaque condensateur isolé, **déduisez quelles sont les lois d'association des condensateurs** (indice : essayez les formules pour les associations de résistances).
- À l'aide des mesures de courant et de d.d.p. de chacune des associations, **déterminez la résistance de condensateurs** quelques instants après avoir été banché à une pile.

7 – Contenu du rapport court

- Remplissez les feuilles de réponses fournies par votre enseignant.
- N'oubliez pas de trouver un titre approprié au tableau #2 et de compléter les légendes des trois tableaux.
- Soignez votre présentation et faites attention au français.

BARÊME DE CORRECTION – Labo #1 – Automne '25

Remplir les feuilles réponses fournies…

Section 6.1

- ✓ Exemples de calcul [Code de couleur et incertitudes de l'ohmmètre] *(/8)*
- ✓ Tableaux complets [numéro, titre, unités, légende, 4 lignes de données expérimentales] (*/7)*
- ✓ 4 diagrammes de comparaison [un pour chaque résistance] *(/7)*
- ✓ Très courte discussion [Réponses aux questions de la feuille réponse] *(/8)*

Section 6.2

- ✓ Calculs détaillés, avec incertitudes, des résistances équivalentes de chaque montage *(/16)*
- ✓ Exemples de calcul [incertitudes sur I et ΔV, Résistance calculée, avec incertitudes] *(/6)*
- ✓ Tableau complet [numéro, titre, unités, légende, 3 lignes de données expérimentales] *(/9)*
- ✓ 3 diagrammes de comparaison [un pour chaque montage] *(/6)*
- ✓ Très courte discussion [Réponses aux questions de la feuille réponse] *(/8)*

Section 6.3

- ✓ Bonnes mesures et justesse de l'analyse [Réponses aux questions de la feuille réponse] *(/15)*

Présentation et Français

- ✓ Perte d'un point pour chaque 3 fautes de grammaire, orthographe, ponctuation et syntaxe *(/5)*
- ✓ Perte d'un point pour chaque faute de vocabulaire [Ces points sont prélevés directement dans la correction régulière, max de 10 moins le nombre de points perdus en g/o/p/s]
- ✓ Propreté et lisibilité générales du travail remis, sur l'ensemble du document *(/5)*

Évaluation de la participation au travail en équipe

À remettre EN ENTRANT EN CLASSE, dans une semaine[2].

[2] En cas d'impossibilité ***justifiée*** de se présenter au Collège, pour ***tous*** les membres d'une équipe, une remise électronique, par MIO, sous la forme de photos des feuilles réponses assemblées dans un même fichier au format PDF, sera acceptée.